УДК 624.131.4

ХИМИЧЕСКИЙ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОД РУЧЬЕВ ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ ТОМСКА

К.И. Кузеванов, Н.Г. Наливайко, Е.М. Дутова, Д.С. Покровский*

Томский политехнический университет
E-mail: emdutova@mail.ru
*Томский государственный архитектурно-строительный университет
E-mail: lls@tgasa.tomsk.ru

Химический и микробиологический состав вод мелких поверхностных водотоков, находящийся под непосредственным влиянием техногенного влияния городского хозяйства, рассматривается как показатель экологического состояния территории. Для характеристики отдельных участков разработана схема опробования водотоков на основе районирования городской территории по условиям поверхностного стока. Дана сравнительная оценка локальных бассейнов стока по условиям и степени техногенного загрязнения.

Химический состав природных вод на городской территории формируется в условиях сложных взаимодействий естественных потоков с многочисленными источниками техногенной нагрузки. Характер этих взаимодействий во многом определяется как конфигурацией временных и постоянно действующих водотоков, так и гидродинамической структурой фильтрационных потоков. Это обстоятельство требует более пристального внимания к анализу условий формирования поверхностного и подземного стока в условиях их тесного взаимодействия. Исследование водных объектов на территории города затруднено отсутствием постоянной сети режимных наблюдений. Поэтому для оценки качества поверхностных водотоков авторами использованы подходы, разработанные для минимизации опробования родников [1].

Химический состав вод

Многочисленными исследованиями установлено, что как поверхностные, так и подземные воды урбанизированных территорий претерпевают существенные изменения [2, 3]. Состав природных вод г. Томска, как и большинства других городов, формируется под влиянием совокупности естественно-природных и техногенных факторов. Для мелких поверхностных водотоков ведущими являются особенности структуры стока и тип инженерного освоения, косвенно отражающий характер и интенсивность процессов антропогенного загрязнения.

Результаты исследований химического состава вод по выполненному нами опробованию родников и поверхностных водотоков (рисунок) в обобщенном виде представлены в табл. 1. В целом, химический состав водопроявлений города характеризуется значительной пестротой. По химическому составу это гидрокарбонатные, нередко хлоридно-гидрокарбонатные, хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатные, а иногда даже хлоридные воды с различными взаимоотношениями кальция, натрия, магния. По параметрам, отражающим длительность миграции и взаимодействия вод с породами (pH, Ca^{2+}, HCO_3^-, общая жесткость (ОЖ) и минерализация), они подразделяются на два вида. К первому виду относятся маломинерализованные воды, формирующиеся при самой минимальной продолжительности взаимодействия вод с породами, или связанные с утечками из коммуникаций, работающих на базе поверхностных водозаборов из реки Томи. Ко второму виду могут быть отнесены типично подземные воды, характеризующиеся более высокой минерализацией. Показатели загрязнения свидетельствуют, что в пределах города воды, сохраняющие свой естественно-природный облик и незначительно отличающиеся от соответствующих вод вне городской застройки, встречаются исключительно редко. В большинстве случаев, практически все водопроявления города в той или иной степени несут следы техногенной нагрузки. Различны лишь источники обогащения вод техногенными компонентами (как по виду, так и по пространственному местоположению) и механизмы техногенного воздействия.

Химический состав вод формируется под влиянием естественных и искусственных факторов. В условиях городской территории проявление есте-

ственных факторов формирования в значительной мере подавляется антропогенными процессами. Уже на стадии выпадения атмосферных осадков происходит загрязнение вод продуктами деятельности человека, главным образом – обогащение сульфатами, органическим веществом белкового характера и микрокомпонентами полиметаллического ряда. Уровень запыленности атмосферы в городе, по косвенным данным снеговой съемки, оценивается как высокий [4], есть и более детальный анализ распределения компонентов (в том числе и водорастворимых) загрязнения атмосферного воздуха с оценкой их влияния на здоровье населения [5]. Обладая низкой минерализацией и кислой реакцией, атмосферные осадки оказывают сильное выщелачивающее действие на почвы и верхние горизонты пород, часто загрязненных продуктами жизнедеятельности города, и испытывают резкий метаморфизм.

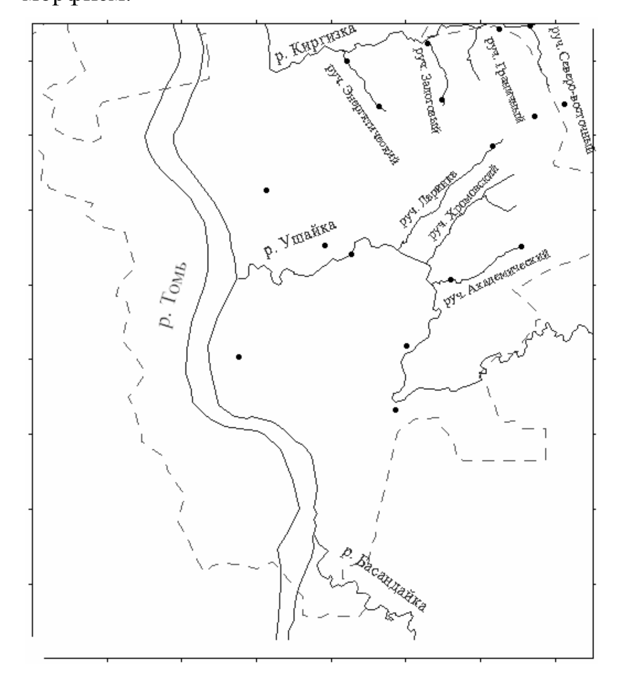


Рисунок. *Схема опробования естественных водопроявлений г. Томска*

Нами обобщены сведения по результатам полевого опробования различных водопунктов (табл. 2). Анализ этих данных показывает, что наиболее защищенными от техногенного влияния оказываются глубокие водоносные горизонты палеозойских и палеогеновых образований. По параметрам, отражающим длительность миграции и взаимодействия с горными породами (pH, Ca^{2+}, HCO_3^-, общая жесткость), они сохраняют свой естественно-природный облик, практически не отличаясь от соответствующих вод вне городской застройки. Воды скважин пресные, по химическому составу преимущественно гидрокарбонатные с различными соотношениями кальция и магния. Соблюдаются природные взаимоотношения компонентов солевого комплекса – для вод палеозойских отложений характерны повышенная жесткость – до 6,15 мг-экв/л и несколько большая минерализация.

Результаты опробования естественных водотоков позволяют сравнивать отдельные бассейны стока между собой (табл. 1).

Концентрации большинства из проанализированных компонентов не превышают нормативных предельно допустимых значений (ПДК, СанПиН). Исключение составляет общая жесткость вод источников (в 100 % случаев), а иногда и вод ручьев (например, верховья руч. Северо-Восточного). В единственном роднике по пер. Тихому превышают ПДК концентрации хлора, натрия и величина общей минерализации.

Из шести изученных в гидрогеохимическом отношении водосборных бассейнов воды лишь одного, характеризующегося практически полным отсутствием застройки, являются относительно чистыми (ручей Академический). По химическому составу это воды (как в истоках, так и в устье) гидрокарбонатные, натриево-кальциевые, слабощелочные (pH 7,8), пресные (минерализация – 331...343 мг/л). Обнаруженные в водах ручья значения pH, минерализации, общей жесткости и кальция сопоставимы с величинами этих показателей в подземных водах. Содержание хлор-иона несколько повышенно по сравнению со средними значениями в водах палеозоя и палеогена, но не превышает средних значений для вод четвертичных отложений и вод ручьев в целом.

Воды ручья «Ларинка» отражают, главным образом, состав подземных вод, т.к. опробованы только в его истоках, а прилегающая территория еще не подверглась полному освоению – она занята частными гаражами, оказывающими, конечно, определенное, но не сопоставимое с полностью урбанизированными территориями, техногенное воздействие. Все показатели качества воды ручья близки к средним значениям.

Воды остальных четырех бассейнов подвержены техногенным изменениям в гораздо большей степени.

Воды ручья «Северо-Восточный» в истоке имеют хлоридно-гидрокарбонатный, натриево-кальциевый состав, характеризующийся достаточно высокими значениями минерализации (515,7 мг/л) и ее компонентов. Они обладают повышенной общей жесткостью (8,4 мг-экв./л), характерной для подземных вод с весьма продолжительным временем контакта с горными породами. Кроме того, воды загрязнены хлором (141 мг/л). К устьевой части ручья, состав его вод изменяется на хлоридно-сульфатно-гидрокарбонатный, натриево-кальциевый с меньшей общей минерализацией, уменьшением содержания кальция, магния, хлора, но с увеличением концентрации сульфат-иона. Данное явление обусловлено, вероятно, смешением вод ручья со сточными водами из пульпопровода ГРЭС-2, которые представляют собой технологические растворы, существенно изменившие свой состав под влиянием транспорта угольной золы.

В истоке ручья «Граничного» воды по составу гидрокарбонатные, маломинерализованные (100 мг/л),

Таблица 1. *Макрокомпонентный состав водопроявлений городской территории г. Томска*

№№ проб	Тип водопроявления, место отбора	pH	NH_4, мг/л	SO_4^{2-}, мг/л	Cl^-, мг/л	HCO_3^-, мг/л	ОЖ, мг/экв.	Ca^{2+}, мг/л	Mg^{2+}, мг/л	$Na^+ + K^+$, мг/л	Минер., мг/л
51	Ручей Северо-Восточный, исток	7,8	0,2	4	141,4	317,2	8,4	138	18,3	55,2	516
61	Ручей Северо-Восточный,устье	8,0	0,2	112	70,0	146,4	5,6	100	7,3	36,8	450
49	Ручей Граничный, исток	7,8	0,4	8	10,7	97,6	1,2	20	2,4	29,0	100
63	Ручей Граничный, устье	7,8	0,2	4	47,2	292,8	4,4	82	3,7	71,3	355
57	Ручей по ул. Залоговой, исток	7,4	0,2	45	21,3	280,6	4,8	54	1,2	52,9	315
69	Ручей по ул. Залоговой, устье	7,8	0,1	53	32,0	366,0	6,7	130	2,4	62,1	463
1	Ручей по ул. Энергетической, исток	7,2	1,5	45	12,8	353,8	4,1	78	2,4	98,9	416
3	Ручей по ул. Энергетической,устье	7,8	1,0	35	35,5	195,2	2,8	44	7,3	80,5	229
103	Ручей Ларинка, исток	8,0	0,2	35	20,6	244,0	4,6	70	13,4	36,8	298
85	Ручей Академический, исток	7,8	0,2	0	16,7	353,8	5,6	90	13,4	46,0	343
93	Ручей Академический, устье	7,8	0,0	4	14,2	341,6	5,8	94	13,4	34,5	331
205	Родник по пер. Тихому	7,6	0,4	8	603,5	109,8	7,2	110	20,7	303,6	1101
95	Родник в Михайловской роще	7,0	0,2	64	46,8	390,4	7,9	122	22,0	57,5	486
41	Родник по пер. Мирному	7,8	0,4	59	37,6	488,0	8,1	128	20,2	92,0	581
17	Родник в Ботаническом саду, основной	7,6	0,1	8	23,0	378,2	7,4	128	12,2	24,4	385
27	Родник по ул. Сычева, 40	7,4	1,2	83	42,6	439,2	9,3	154	20,0	80,5	601
73	Родник по ул. Весенней, 17	7,4	0,1	0	4,6	427,0	7,0	108	19,5	36,8	383

Таблица 2. *Характеристика химического состава вод г. Томска (общее количество анализов 95)*

Тип источника	Общая жесткость мг-экв./л	Концентрации (размах/среднее), мг/л.						Перманганатная окисляемость, мг O_2/л
		Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	SO_4^{2-}	Cl^-	
Скважины четвертичных отложений	3,8…9,2	68,0…172,0	1…19,5	6…18,8	1…3,7	4…60,0	14,2…137,7	–
	6,60	114,90	10,30	8,00	1,68	28,60	37,00	
Скважины палеогеновых отложений	3,8…8,5	36,5…118,2	6,1…31,6	5,5…19,0	1,0…1,8	<1…7,0	2,1…98,6	0,96…2,8
	5,30	79,60	17,40	10,60	1,36	2,30	8,20	1,90
Скважины палеозойских отложений	5,5…8,4	86,2…114,2	1,2…24,4	7,6…15,0	0,65…1,98	<1…76,0	3,6…53,2	0,56…2,3
	6,15	97,50	15,70	11,10	1,07	11,30	16,50	1,43
Источники	2,2…11,4	28,0…204,0	1,2…36,6	4,5…36,0	0,6…6,0	2,0…106,0	1,4…83,8	0,08…10,4
	6,40	102,70	15,60	16,70	1,83	42,90	31,80	2,15
Ручьи	2,3…10,4	10,0…176,0	1,2…39,3	8,0…95,0	1,2…3,0	<1…112,0	5,0…255,6	1,08…11,0
	5,90	93,40	12,60	25,60	4,80	26,70	48,70	3,64
Колодцы	6,0…7,9	94,0…150,0	1,9…17,1	33,0…100,0	7,8…12,3	12,0…56,0	40,8…104,7	3,75…8,06
	6,95	122,00	9,50	66,50	10,05	34,00	72,80	7,15

очень мягкие (общая жесткость 1,2 мг-экв./л). Такие значения показателей характерны для поверхностных вод крупных водотоков, либо подземных вод на самых начальных этапах формирования их химического состава. В устьевой части ручья общая минерализация увеличивается в 3,5 раза, примерно в такой же пропорции увеличиваются значения общей жесткости, содержания кальция, натрия и, наконец, хлор-иона. Воды становятся хлоридно-гидрокарбонатными. Указанные изменения происходят параллельно с ростом расхода потока вниз по течению ручья и обязаны, вероятно, как разгрузке собственно подземных вод после достаточно длительной миграции, так и увеличению доли поверхностного стока с интенсивно освоенной площади водосбора ручья.

Подобный характер эволюции состава вод, но с более высокими значениями показателей и несколько меньшей контрастностью, свойственен и для ручья «Залоговый».

Иные тенденции проявляются в водах ручья «Энергетический». Площадь водосборного бассейна ручья интенсивно освоена. Воды его истока гидрокарбонатные, кальциево-натриевые, умеренно жесткие. В устьевой части анионный состав вод становится хлоридно-гидрокарбонатным, умень-

шается минерализация и общая жесткость. Воды как устья, так и истока характеризуются высокими значениями концентраций компонентов загрязнителей (Cl^-, SO_4^{2-}, NH_4^+).

Для водопроявлений территории города соблюдаются природные взаимоотношения компонентов солевого комплекса – для вод родников, разгружающихся из палеозойских образований, характерны повышенная жесткость и несколько большая минерализация, по сравнению с водами ручьев.

Родники на территории города испытывают техногенное воздействие. Степень загрязнения родников центральной, наиболее застроенной части города выше, чем родников вне интенсивной городской застройки.

Проведенные исследования показали, что антропогенному воздействию в той или иной степени подвержены все воды г. Томска.

Для родников, ручьев и других поверхностных водопроявлений характерен широкий диапазон разброса значений основных показателей химического состава. Пространственно воды с аномальными концентрациями элементов-загрязнителей приурочены к центральной части территории города.

Микробиологическая характеристика водопроявлений

Современный город представляет собой комплексный источник антропогенного воздействия на все звенья окружающей среды. Городская территория может рассматриваться как специфическая аномальная площадь с нарушенным естественным равновесием экологических систем. Микробиологический состав подземных вод формируется под влиянием химико-экологических условий городской территории.

Микроорганизмы по своей физиолого-биохимической природе являются наиболее чуткими индикаторами любого изменения химико-экологической обстановки окружающей среды. Это свойство микроорганизмов было установлено многочисленными исследованиями еще в 30–40-х гг. прошлого века рядом ученых: С.Н. Строгановым, Н.Н. Литвиновым, Л.И. Мацем, М.Г. Киченко и в последующие годы подтверждено другими авторами. Там, где по химическим показателям не удается обнаружить сравнительно небольшие источники загрязнения, бактериологические показатели регистрируют их, и это подтверждается изучением санитарной обстановки [6–8]. По содержанию сапрофитных бактерий можно обнаружить загрязнение после разбавления загрязненной струи в десятки и сотни тысяч раз [9].

Обзор литературных данных показывает, что при оценке загрязнения вод в пределах городских территорий используются обычно количественные характеристики отдельных физиологических групп (сапрофиты, сульфатредуцирующие бактерии, железобактерии и др.). Между тем, для оценки экологического состояния природных вод необходим комплекс микробиологических показателей, связанных с геохимическими циклами биогенных веществ: углерода, азота, фосфора и серы.

Теоретическим обоснованием использования микроорганизмов в качестве индикаторов состояния окружающей среды является положение, выдвинутое академиками В.И. Вернадским, С.С. Сукачевым, С.С. Шварцем и другими крупнейшими исследователями о том, что в любой точке окружающей среды существует определенная связь между концентрацией биодеградирующих веществ и количеством микроорганизмов, использующих эти соединения.

На кафедре гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии ТПУ и УНПЦ «Вода» в процессе многолетнего изучения микрофлоры подземных вод накоплен богатый опыт использования комплекса микроорганизмов при геохимических исследованиях. Установлена индикаторная значимость микроорганизмов, как показателей загрязнения природных вод [10, 11]. Большой объем лабораторных работ выполнен сотрудниками ПНИЛ ТПУ Н.Г. Наливайко и Н.А. Трифоновой.

База для широких микробиологических исследований подземных вод Западной Сибири была заложена основателем Томской гидрогеохимической школы проф. П.А. Удодовым. Исследования носили комплексный характер с охватом микрофлоры поверхностных и подземных, а также сточных вод, почв, торфов, горных пород и нефтей Сибири. Полевые задачи микробиологических исследований охватывали большой спектр теоретических и прикладных проблем. Выявлена принципиально новая среда обитания микроорганизмов (поровые растворы горных пород). Разработана методика получения бактериальных нефтеразрушающих культур. Получены микробиологические критерии оценки санитарно-гигиенического и экологического состояния природных вод [12, 13].

В пределах природных географических зон городские территории следует рассматривать как специфические аномальные площади с нарушенным равновесием экологических систем и подземных вод, в том числе. Между тем, к настоящему времени микробиологический состав природных вод городских территорий изучен очень слабо. Воды, как правило, обследуются на наличие бактерий группы кишечной палочки, являющихся показателями санитарного состояния. В ряде случаев при хозяйственно- бытовой необходимости, подземная вода исследуется на наличие бактерий, вызывающих коррозию металлического оборудования и обрастание водопроводных труб (сульфатредуцирующие, железобактерии, серные, тионовые и некоторые другие).

Необходимость изучения более широкого спектра микробов очевидна. Рядом работ [14, 15] установлено, что загрязнение воды органическими и техногенными веществами резко увеличивает количество в ней микробов. Наблюдается проявление суммарного эффекта, проявляющееся в мутации

ряда микроорганизмов, в результате чего непатогенные формы микробов становятся патогенными. Попадание в воду в больших количествах синтетических моющих средств активизирует болезнетворные вирусы [7]. В этой связи обнаружение большого количества микроорганизмов, использующих органические вещества, должно расцениваться как показатель неблагополучной геохимической среды. В то же время, не всегда наличие микробов являются свидетелем загрязнения. В частности, повышенное число олиготрофных микроорганизмов присуще чистым относительно органики водам, а большое количество сапрофитов свидетельствуют о наличии свежего (не переработанного) органического вещества. В чистой воде количество олиготрофов всегда в несколько раз выше количества сапрофитов, что указывает на высокую степень минерализованности органического вещества, являющуюся результатом идущих процессов самоочищения. В настоящее время в имеющейся литературе по микрофлоре подземных вод отсутствуют количественные показатели, определяющие качество воды по наличию физиологических групп бактерий.

Бактериоценозы ручьев

Микробиоценозы природных вод являются результатом эволюции экологической обстановки и активными регуляторами водной среды. Нами предложено использовать характеристику микробиоценозов естественных водопроявлений для исследования техногенного влияния городской застройки на природные воды (табл. 3).

Ручьи можно рассматривать как своеобразную экологическую нишу существования микробов, геохимические условия в которой определяются условиями миграции водного потока. Химическое и микробиологическое загрязнение ручьев формируется в пределах области водосборного бассейна и определяется весьма значительным развитием как привнесенной микрофлоры, так и транспортом химическим веществ.

Количественное содержание и качественное разнообразие микрофлоры в ручьях превосходит эти параметры для родников. Ручьи гораздо чаще загрязняются аллохтонными сапрофитами. Максимальное их количество было обнаружено в истоке ручья «Северо-Восточного» и составляло 1223 кл/мл воды, что более чем в 10 раз превышает нормативы СанПиН.

Минерализация органического водорастворимого вещества в ручьях осуществляется, преимущественно, за счет окисления его аэробной микрофлорой. Величина коэффициента, определяющего степень обеспеченности субстрата кислородом в 24,7 раза выше, чем в родниках. Видимо, это обстоятельство является определяющим в формировании качественно-количественного состава биоценозов ручьев. Качественный состав бактериоценозов пока-

Таблица 3. *Микрофлора и содержание органического вещества в естественных водопроявлениях городской территории*

№№ проб	Тип водопроявления, место отбора, характер освоения	Микробное число, БГКП	Сапрофиты	Общее кол-во микробов	Кол-во аэробных микробов	Кол-во анаэр. микробов	Денитрифицир. микоорг.	Сульфатредуцир. микроорганизмы		Гетеротрофные микоорг.	Нефтеокисляющие микоорг.	Перманганат. окисляемость
		кл/мл	кл/мл	кл/мл	кл/мл	кл/мл	кл/мл	кл/мл	баллы	кл/мл	кл/мл	мг/л
51	Ручей Северо-Восточный, исток	23	40	13273	13162	111	10	100	15	1550	2650	3,8
61	Ручей Северо-Восточный, устье	86	240	27144	19144	8000	100	100	15	44	0,0	2,0
49	Ручей Граничный, исток	54	170	34556	34436	120	0	100	15	7820	1400,0	8,0
63	Ручей Граничный, устье	30	1200	48030	28020	20000	10000	10	15	1720	3000	3,6
57	Ручей по ул. Залоговой, исток	171	960	185810	185700	110	10	10	15	17100	20300	8,4
69	Ручей по ул. Залоговой, устье	1	320	45430	35420	10000	10000	10	10	6490	2100,0	3,0
1	Ручей по ул. Энергетической, исток	320	2400	62130	60130	2000	1000	1000	15	11520	3980	10,3
3	Ручей по ул. Энергетической, устье	140	1500	19780	8780	11000	10000	1000	15	3000	1780	5,8
103	Ручей Ларинка, исток	0	840	25100	24078	1020	1000	10	12	6548	3400	1,8
85	Ручей Академический, исток	0	0	12058	10958	1100	1000	100	12	3060	698	3,1
93	Ручей Академический, устье	1	60	15230	14210	1020	1000	10	6	1850	2000	3,6
205	Родник по пер. Тихому	1	10	41252	41251	0	0	1	15	750	0	1,2
95	Родник в Михайловской роще	0	0	1784	1734	50	0	0	0	450	0	1,4
41	Родник по пер. Мирному	35	235	67511	48400	19110	10	1000	15	6000	3550	2,8
17	Родник в Ботаническом саду, основной	173	5500	36432	23791	12641	100	10000	15	1920	1030	1,9
27	Родник по ул. Сычева, 40	135	21000	42800	42540	260	0	0	0	800	2400	3,2
73	Родник по ул. Весенней, 17	0	0	1060	1060	0	0	0	0	850	0	1,1

Примечание: БГКП – бактерии группы кишечной палочки; кл/мл – клеток в одном мл

зывает, что основным загрязняющим компонентом ручьев является азотсодержащее органическое вещество, аммиак и нитраты; процентное содержание сапрофитных, нитрифицирующих и денитрифицирующих микробов составляет в биоценозе 43, 12 и 5 % соответственно. В ряду олиготрофных микроорганизмов преобладают олигонитрофильные формы. Количество нефтеокисляющих бактерий в среднем выше, чем в родниках. Содержание целлюлозоразрушающих микроорганизмов незначительно, и среди них преобладают анаэробные формы.

Истоки, русла и устьевые части ручьев имеют различные бактериоценозы по составу и количеству микробов. В истоках преобладают аэробные гетеротрофные бактерии: сапрофиты всех трофических уровней, олиготрофы, уробактерии и нефтеокисляющие. Анаэробных микроорганизмов в истоках ручьев – незначительно; среди них преобладают сульфатредуцирующие. Окисление органического вещества аэробной микрофлорой сопровождается усиленной мобилизацией кислорода и возникновением микроанаэробных условий, с выделением в среду промежуточных продуктов окислительного метаболизма. Эти факторы служат предпосылкой для развития анаэробной микрофлоры. Наличие внешних акцепторов электронов в виде нитратов, величина pH, близкая к нейтральной, и уменьшение содержания кислорода способствуют преимущественному развитию в устьях ручьев факультативно-анаэробных бактерий – денитритфикаторов. В целом, в устьевых частях количество аэробной микрофлоры снижается почти в два раза, и в 20 раз возрастает количество анаэробных микробов. В устьевых частях так же значительно увеличивается количество нитрифицирующих бактерий, что обусловлено высоким содержанием в воде иона аммония.

Таким образом, характер бактериоценозов в ручьях определяется не только внешними условиями дренируемой территории, но и направленностью бактериальных процессов, обусловленных физиолого-биохимическими особенностями микробов и характером органического субстрата. Белковоподобное органическое вещество, попадая в воду, окисляется сапрофитными микробами без периода адаптации. Нефть и углеводороды для своей деструкции требуют довольно длительного периода адаптации: от двух недель до нескольких месяцев. Поэтому, выявление источника загрязнения органическим белковоподобным веществом по количеству сапрофитов более достоверно. Тогда как визуальная констатация наличия нефти в воде ручья в месте ее попадания не всегда может подтверждаться наличием нефтеокисляющих бактерий, так же как и визуальное отсутствие нефтяной пленки не означает отсутствие бактерий, окисляющих нефть.

Выводы

На основе результатов полевого опробования проведено картирование химического и микробиологического состава вод естественных водопроявлений в пределах городской застройки г. Томска, дана характеристика микробиоценозов отдельных водосборных бассейнов. Полученные данные фиксируют состав микрофлоры по площади города за один полевой сезон, и могут служить основой сравнительных анализов последующих исследований.

Установлено, что большинство поверхностных водотоков несут следы техногенного загрязнения. Наиболее чистой является долина ручья Академического. Удовлетворительное экологическое состояние в этом водосборном бассейне обусловлено низким уровнем хозяйственного освоения склонов. Сохранить рекреационное значение долины, возможно при своевременном принятии мер для ограничения строительства и прежде всего индивидуальных автомобильных боксов и гаражных комплексов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузеванов К.И. Гидрогеологическая основа экологических исследований города Томска // Обской вестник. – 1999. – № 1–2. – С. 53–58.
2. Тютюнова Ф.И. Гидрогеохимия техногенеза. – М.: Наука, 1987. – 335 с.
3. Ломоносов И.С., Макаров В.Н., Хаустов А.П. и др. Экогеохимия городов Восточной Сибири. – Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО РАН, 1993. – 108 с.
4. Летувнинкас А.И. Геохимические аспекты экологии города. – Томск: Изд-во ТГУ, 1997. – 77 с.
5. Воробьева А.И., Медведев М.А., Волкотруб Л.П., Васильев Н.В. Атмосферные загрязнения Томска и их влияние на здоровье населения. – Томск: Изд-во ТГУ, 1992. – 192 с.
6. Можаев Е.А., Корш Л.Е. Санитарное значение разновидностей бактерий группы кишечной палочки в воде открытых источников водоснабжения // Гигиена и санитария. – 1966. – № 7. – С. 40–46.
7. Цатурова Г.А. Сравнительная оценка различных бактериологических тестов при санитарно-гигиеническом изучении открытых водоемов // Матер. 6 Всес. конф. по санитарной микробиологии. – М., 1966. – С. 106–107.
8. Кибальчич И.А., Артемова Т.З., Материалы к характеристике кишечной микрофлоры в условиях водохранилищ // Матер. 6 Всес. конф. по санитарной микробиологии. – М., 1966. – С. 103–105.
9. Драчев С.М. Борьба с загрязнением рек, озер и водохранилищ промышленными и бытовыми стоками. – М.-Л.: Наука, 1964. – 257 с.
10. Удодов П.А., Коробейникова Е.С., Рассказов Н.М. Поровые растворы горных пород как среда обитания микроорганизмов. – Новосибирск: Наука, 1981. – 176 с.
11. Наливайко Н.Г., Удодов П.А., Быков В.Г. Бактериальные ценозы приповерхностных водоносных горизонтов нефтегазоносных районов севера Томской области и центральной части Красноярского края // Микрофлора почв и водных бассейнов Сибири и Дальнего Востока. – Томск: Изд-во ТГУ, 1976. – С. 119–121.
12. Назаров А.Д., Лисина А.В., Хващевская А.А., Черкашина О.В. Оценка антропогенного воздействия на химический состав вод г. Томска // Многоцелевые гидрогеохимические исследования в связи с поисками полезных ископаемых и охраной подземных вод. – Томск, 1986. – С. 107–108.

13. Наливайко Н.Г., Назаров А.Д. Микрофлора природных вод некоторых районов Томской области как индикатор их экологического состояния // Фундаментальные и прикладные проблемы охраны окружающей среды: Тез. докл. Междунар. конф. – Томск: ТГУ, 1995. – С. 324.
14. Природа В.И. Обоснование применения биологических индикаторов в системе контроля уровней загрязнения внешней природной среды промышленными выбросами алюминиевых заводов // Влияние техногенных загрязнений на состояние биосферы и здоровье человека: Сб. трудов регион. конф. – Томск: ТГУ, 1979. – С. 36–39.
15. Корш Л.Е. Развитие методов санитарно-микробиологической оценки качества воды и применение их при изучении водоемов. – М.: Медицина, 1978. – 272 с.

УДК 550.42:577.4 (571.1)